

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760311

研究課題名(和文) 渦現象のアナロジーに基づくメタヒューリスティクスの開発

研究課題名(英文) Development of Metaheuristics Based on Analogy of Spiral Phenomena

研究代表者

田村 健一 (TAMURA, KENICHI)

首都大学東京・理工学研究科・助教

研究者番号：40534912

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：発見的操作を含む最適化手法はメタヒューリスティクスと呼ばれている。多くのメタヒューリスティクスは自然現象や社会現象のアナロジーを基礎として導かれている。本研究では、自然界によく現れる渦現象に着目し、そのダイナミクスを一般的な連続関数の最適化に応用することで、新しいメタヒューリスティクスを構築し、渦最適化(Spiral Optimization)と名付けた。さらに、渦最適化は、その実行のために設定しなければならないパラメータを有しており、本研究では、そのパラメータの解析を行い、その設定法も構築した。

研究成果の概要(英文)：The optimization method including heuristic operation is called metaheuristics. Most of metaheuristics are designed based on analogy of natural or social phenomena. In this study, based on an analogy of spiral phenomena in nature, a new metaheuristics called Spiral Optimization (SPO) is developed for general continuous optimization. The performance of the developed method is verified by simulations using well known benchmark problems. In addition, although SPO has some parameters for its execution, a parameter adjustment method is proposed based on its analysis.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：システム工学

キーワード：メタヒューリスティクス 進化計算 最適化 ソフトコンピューティング

1. 研究開始当初の背景

近年、実システムの多くは大規模・複雑化する一方で、その設計・運用・制御に対する要求はますます高度化し、一層の高効率化・高信頼度化が求められている。これらの要求を実現するためには、大規模・複雑（高次元・多峰性）な大域的最適化問題を高い精度で現実的な時間内に解く必要がある。

このような背景のもと、大域的最適化手法の新しい枠組みとして、自然現象や生命現象のアナロジーに基礎におくメタヒューリスティクスが、その実用性の高さから注目されている。例えば、連続型最適化問題に対する手法として、鳥の群れが餌を探す過程に基づいた Particle Swarm Optimization や生物の進化過程をヒントにした Differential Evolution 等がある。

研究代表者は、最近、自然界の渦現象のダイナミズムが大域的最適化において有効とされる性質を自然に実現できることに着目し、そのダイナミクスを探索に応用することで、渦最適化法 (Spiral Optimization) と呼ばれる新しいメタヒューリスティクスを開発した。さらに、その探索性能は、他のよく知られた手法と比較しても遜色ないことを検証した。しかしながら、その渦最適化法は2次元変数の最適化問題にしか適用できず、その汎用性に課題が残されていた。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者が提案した2次元渦最適化法をn次元に拡張することで、渦最適化法を一般化することを目的とする。さらに、開発した手法の探索性能および利便性を向上させるために、渦最適化法が有するパラメータの設定・調整法を確立する。

3. 研究の方法

本研究の目的を遂行するための方法は以下の通りである。

(1) まず、2次元の渦モデルの構造を解析することを通じて、n次元渦モデルを構築する。つぎに、そのn次元渦モデルを複数導入し、それらモデル間に適切な相互作用を与えることで一般化した渦最適化法を構築する。構築した手法を多様なベンチマーク問題に対して適用し、その結果を他の代表的な手法の結果と比較することで、提案法の探索性能を検証する。

(2) (1) で開発された一般化した渦最適化手法を様々な条件設定のもとで実行することで膨大なデータを収集する。得られたデータを統計的に分析することでパラメータ値と探索性能の相関関係を調べる。その相関関係に基づきパラメータ調整法を構築する。構築した手法を多様なベンチマーク問題に対して適用し、その結果を他の代表的な手法の結果と比較することで、その調整法の有効性を評価する。

(3) (1) で開発された一般化された渦最適化法の探索モデルの平衡点の安定性解析を行い、その安定性条件を導出する。その条件に基づき渦最適化のパラメータの合理的な調整法を確立する。構築した手法を多様なベンチマーク問題に対して適用し、その結果を他の代表的な手法の結果と比較することで、その探索性能を評価する。

4. 研究成果

研究期間中に得られた主な研究成果は以下の通りである。

(1) 渦最適化手法の一般化

2次元の連続最適化問題に限定されていた渦最適化手法をn次元問題に適用できるように一般化することに成功した。具体的には以下の通りである。2次元の渦モデルを解析することで、その構造が2次元の回転行列から成り立っていることを明らかにし、その2次元回転行列をn次元の回転行列に置き換えることで、n次元渦モデル構築した。

で構築したn次元渦モデルを複数導入し、それらのモデル間に適切な相互作用を与えることにより、一般化した渦最適化手法を構築した。さらに、その探索性能をベンチマーク問題に対する数値実験を通じて検証した。

(2) データ解析に基づくパラメータ調整法

(1) で構築した探索モデルが有するパラメータの設定値と探索性能の関係を膨大な数値実験によるデータから統計的に解析した。その解析結果から、「収束率」と呼ばれるパラメータに関して、優れた性能をもたらすための設定法を構築した。さらに、その有効性を様々なベンチマーク問題に対する数値実験を通じて検証した。

(3) 安定性解析に基づくパラメータ調整法

(1) で構築した探索モデルの平衡点の安定性解析を行うことでそのための条件を導出することができた。さらに、その安定性解析の結果を応用することで、渦最適化法が有する「収束率」と呼ばれるパラメータの合理的な設定手法を構築した。さらに、その有効性をベンチマーク問題に対する数値実験を通じて検証した。

(4) クラスタ構造を導入した渦最適化法

(1) のとは異なる相互作用の与え方のアプローチとして、複数の渦モデルをクラスタに分割した上で、クラスタ間で相互作用を与えることを検討した。これにより探索ダイナミクスの多様性を向上させることができ、一定の探索性能の向上が確認された。

(5) 今後の課題と展望

研究期間中に渦最適化法の一般化と「収束率」と呼ばれるパラメータの調整法を開発することができたが、渦最適化法にはその他にもパラメータも存在するので、さらなる性能改善と利便性を向上させるためには、その他のパラメータの調整法も継続していくことが必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

K. Tamura and K. Yasuda, A Parameter Setting Method for Spiral Optimization from Stability Analysis of Dynamic Equilibrium Point, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.7, No.3, pp.173-182 (2014.5) 【査読有】

[学会発表](計 13 件)

田村健一, 安田恵一郎, 探索状況の予測と制御に基づく適応 Differential Evolution, 進化計算シンポジウム 2013, 1-16, pp.102-109 (2013.12) 【査読無】

K. Tamura and K. Yasuda, A Stability Analysis Based Parameter Setting Method for Spiral Optimization, Proc. of 2013 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.3909-3914 (2013.10) 【査読有】

田村健一, 安田恵一郎, 渦最適化の動的平衡点の安定性解析とパラメータ設定法, 平成 25 年電気学会 電子・情報・システム部門大会, GS6-1, pp.1442-1447 (2013.9) 【査読無】

鈴木公啓, 田村健一, 安田恵一郎, クラスタ構造を導入した渦最適化の検討, 平成 25 年電気学会 電子・情報・システム部門大会, GS6-2, pp.1448-1453 (2013.9) 【査読無】

田村健一, 安田恵一郎, 探索状況の評価と制御に基づく適応 Differential Evolution, 第 23 回インテリジェント・システム・シンポジウム FAN2013, ST-13-095, pp.337-342 (2013.9) 【査読無】

K. Tamura and K. Yasuda, The Spiral Optimization and Its Stability Analysis, Proc. of 2013 IEEE Congress on Evolutionary Computation, pp.1075-1082 (2013.6) 【査読有】

鈴木公啓, 田村健一, 安田恵一郎, 渦最適

化における渦心の設定に関する研究, 電気学会 産業計測制御/メカトロニクス制御合同研究会, IIC-13-154, MEC-13-154, pp.105-110 (2013.3) 【査読無】

K. Tamura and K. Yasuda, Statistical Analysis Based Adjustment Method for Convergence Rate of Spiral Optimization, SEMCCO 2012, LNCS 7677, pp.653-661 (2012.12) 【査読有】

田村健一, 安田恵一郎, 渦最適化の提案と収束性解析, 進化計算シンポジウム 2012, S2-17 (2012.12) 【査読無】

田村健一, 安田恵一郎, 統計的解析に基づく渦最適化の収束率パラメータの設定法, 計測自動制御学会 システム情報部門 学術講演会 2012, 2B1-1, pp.252-257 (2012.11) 【査読無】

K. Tamura and K. Yasuda, A Simple Setting Method for Convergence Rate of Spiral Optimization, Proc. of the 4th International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing, 55 (2012.10) 【査読無】

K. Tamura and K. Yasuda, Quantitative Analysis Based Tuning Law for Convergence Rate of Spiral Optimization, Proc. of 2012 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.767-772 (2012.10) 【査読有】

田村健一, 安田恵一郎, 定量的解析に基づく渦最適化の収束率の設定法, 平成 24 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, GS2-1, pp.1340-1345 (2012.9) 【査読無】

[図書](計 0 件)

[産業財産権]
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]
なし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 健一 (TAMURA KENICHI)
首都大学東京・大学院理工学研究科・助教
研究者番号: 4 0 5 3 4 9 1 2

(2) 研究分担者

なし。

(3)連携研究者
なし。